

## UTILIDAD SEDIMENTOLÓGICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LOS FÓSILES REELABORADOS

S. FERNÁNDEZ-LÓPEZ\* Y J.J. GÓMEZ\*\*

\* Dpto. de Paleontología, Fac. C.C. Geológicas e Instituto de Geología Económica, C.S.I.C. Univ. Complutense, 28040 Madrid.

\*\* Dpto. de Estratigrafía, Fac. C.C. Geológicas e Instituto de Geología Económica, C.S.I.C. Univ. Complutense, 28040 Madrid.

### ABSTRACT

In many cases the reelaborated fossils are the best preserved of the assemblages. Even they can not be used to establish and identify biostratigraphical or chronostratigraphical units, the reelaborated fossils are useful for sequential and discontinuities analysis, for location of source areas of sediments, as indicators of paleocurrents, and for identification of sedimentary environments and paleogeography. Some reelaborated fossils are the only existing record of eroded sediments. They permit the obtention of data on episodes of the Geological History of which the stratigraphic record is not available anymore.

### INTRODUCCIÓN

La idea de que algunos fósiles pasaron de rocas más antiguas a otras más recientes antes de ser definitivamente enterrados ha sido empleada por numerosos autores desde el siglo pasado hasta la actualidad. Por ejemplo, d'ORBIGNY (1849 p. 142-144; 1852 p. 254-256) llamó "fossiles remaniés", a los que procedentes de rocas consolidadas y denudadas fueron transportados y enterrados en otros sedimentos contemporáneos o más recientes; defendió que la presencia de fósiles de la misma especie en dos o más pisos puede ser debida simplemente a estos procesos; y señaló que dichos fósiles son reconocibles teniendo en cuenta, por ejemplo, la forma angular de los fragmentos "remaniés", o por las diferencias entre el material de relleno de los fósiles y el de las capas en que se encuentran actualmente. La mayoría de los autores consideran como algo evidente la presencia de fósiles heredados de materiales preexistentes cuando se trata de rocas asociadas a discordancias, pero en las sucesiones o secuencias estratigráficas sin discontinuidades importantes parecen ser menos frecuentes o pasan desapercibidos, a juzgar por los escasos datos bibliográficos.

Mediante análisis tafonómicos es posible averiguar si los fósiles y los cuerpos rocosos donde se encuentran son o no con-

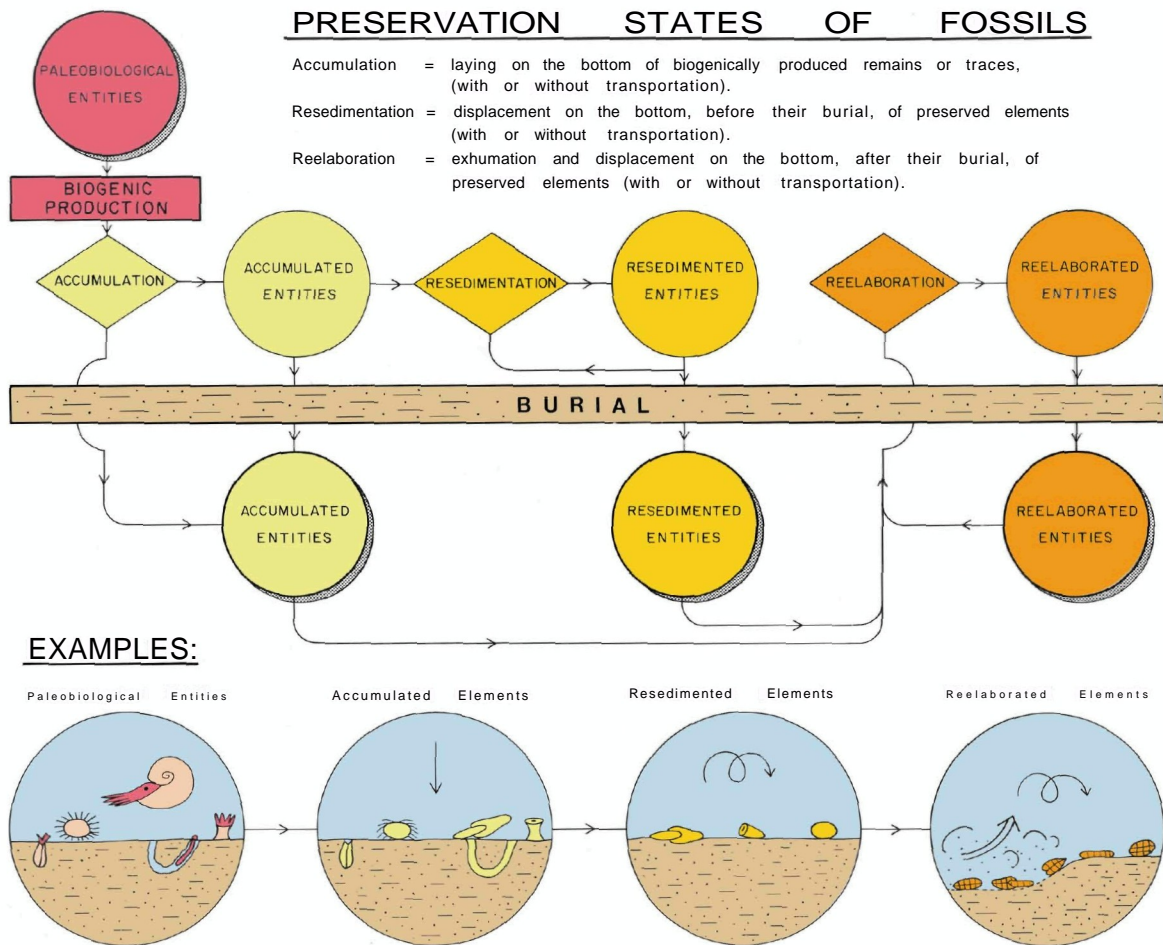
temporáneos; sin embargo, una vez conocidas sus relaciones temporales, surgen problemas teóricos y metodológicos en cuanto a la distinta relevancia que pueden tener en los análisis de cuencas. El objetivo principal del presente trabajo es mostrar la utilidad de los fósiles reelaborados, y las limitaciones de los datos basados en ellos, para las interpretaciones sedimentológicas y estratigráficas.

### **SIGNIFICADO DE LA REELABORACIÓN TAFONÓMICA**

Antes de tratar algunas de las aplicaciones de los fósiles reelaborados conviene precisar el significado de la reelaboración tafonómica, cómo han afectado estos procesos a la transferencia de información desde la biosfera a la litosfera, y cómo pueden ser identificados sus efectos.

Los fósiles son restos y/o señales de organismos del pasado, para-taxonómicamente significativas, cuya composición química no ha de ser necesariamente orgánica. El resultado de los procesos de fosilización no ha sido la conservación de materia orgánica, o de organismos del pasado, sino la persistencia de información paleobiológica. Tanto los restos como las señales producidas por los organismos del pasado pudieron ser desplazados hasta, o quedar inmediatamente incluidos en, un sedimento. La sedimentación de los restos y/o señales biogénicamente producidos no ha sido una condición necesaria para su fosilización. En Tafonomía hace falta un concepto distinto al de sedimentación para denotar los procesos de transferencia de información desde la biosfera a la litosfera, y con este significado se puede emplear el término acumulación propuesto por EFREMOV (1950). Una vez acumulados, algunos restos y señales biogénicas experimentaron modificaciones en su estado mecánico de conservación al ser desplazados sobre el substrato, y este mecanismo de alteración tafonómica se llama remoción o removilización. La remoción tafonómica comprende tanto los procesos de resedimentación como los de reelaboración. La resedimentación tafonómica consiste en el desplazamiento, antes de ser enterrados, de restos o señales previamente acumulados. La reelaboración tafonómica significa el desenterramiento y desplazamiento de restos o señales (Fig. 1).

El término remoción sirve para denotar una propiedad de las asociaciones conservadas, que no la presenta cada uno de los elementos constituyentes de la asociación. Una asociación removilizada no ha de estar constituida exclusivamente por elementos resedimentados y/o reelaborados, sino que también puede comprender elementos acumulados. La proporción de elementos resedimentados y/o reelaborados respecto a las acumulados permite estimar el grado de remoción o removilización de cualquier asociación conservada. En consecuencia, solo son tres los posibles estados de conservación en que se encuentran los fósiles (acumulados, resedimentados o reelaborados) y las posibles modalidades de transferencia de información paleobiológica a la litosfera (acumulación, resedimentación y reelaboración).



**Fig. 1.** Relaciones genéticas y ejemplos de los procesos de acumulación, resedimentación y reelaboración (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1990). Después de ser producidos por organismos, los elementos conservados han podido acumularse sobre, o en, un substrato. Algunos elementos conservados permanecieron en el lugar de producción biogénica, por ejemplo los restos generados por endobiontes en el interior del sedimento, pero otros experimentaron desplazamientos laterales y/o verticales antes de llegar a ser un componente de los sedimentos. A su vez, los elementos acumulados han podido ser ulteriormente desplazados sobre el substrato. Cuando dicho desplazamiento ocurrió antes del enterramiento, los elementos acumulados pasaron a estar resedimentados y el grado de resedimentación tafonómica alcanzado puede variar de unos elementos a otros. Por el contrario, cuando el desplazamiento sobre el substrato fue de elementos previamente enterrados, los elementos acumulados o resedimentados pasaron a estar reelaborados, en tanto que los ya reelaborados experimentaron una nueva fase de reelaboración. La resedimentación y la reelaboración pueden ser procesos iterativos y dar lugar a restos o señales que han alcanzado distintos grados de resedimentación o reelaboración, en tanto que la acumulación es un proceso único e irrepetible para cada resto o señal biogénicamente producida.



### Clases de criterios de reelaboración tafonómica.

Cualquiera de estos procesos es contrastable con criterios tafonómicos, sin hacer razonamientos sedimentológicos, estratigráficos o biocronológicos que presupongan cuáles son las relaciones espacio-temporales entre los fósiles y los cuerpos rocosos en que se encuentran. Los fósiles reelaborados, por ejemplo, pueden ser identificados con criterios de diferentes clases (cf. STANLEY, 1966; SEILACHER, 1971; KRAJEWSKY, 1984; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1985a; HENDERSON & McNAMARA, 1985; BAIRD & BRETT, 1986; ESHET et al., 1988; SCOTT & MEDIOLI, 1988; BARBIN et al. 1989:

- 1.- Diferencias de composición, textura y/o estructura entre el fósil y el sedimento.
  - 1.1.-Diferencias de composición química y/o mineralógica.
  - 1.2.-Diferencias texturales.
  - 1.3.-Discontinuidad estructural.
- 2.- Varias generaciones sucesivas de relleno sedimentario separadas por fases de cementación.
- 3.- Estructuras geopetales del molde interno inversas (respecto a la estratificación) o incongruentes entre sí.
  - 3.1.-Relleno geopetal invertido.
  - 3.2.-Granoclasificación aparentemente inversa.
  - 3.3.-Concentración de fosfato decreciente hacia el techo.
  - 3.4.-Revestimientos estalactíticos de pirita preferentemente desarrollados en la parte inferior.
  - 3.5.-Varias generaciones de relleno geopetal incongruentes entre sí.
- 4.- Superficies de fractura.
- 5.- Superficies de desarticulación.
- 6.- Facetas de desgaste.
  - 6.1.-Facetas de anclaje o truncamiento.
  - 6.2.-Facetas elipsoidales de desgaste.
  - 6.3.-Surcos anulares de desgaste.
  - 6.4.-Grado de redondez y esfericidad.
- 7.- Señales de bioerosión.
- 8.- Señales de colonización y encostramiento.

Los procesos de resedimentación y reelaboración, así como los efectos concomitantes, favorecen la transformación de la composición y estructura de los restos afectados. Estos procesos no son necesariamente destructivos, ni las modificaciones ocurridas han de ser desventajosas para los elementos afectados. Los



procesos de reelaboración a menudo favorecen la mineralización temprana de los restos y señales, así como su transformación en materiales de composición mineralógica más estable y de mayor resistencia mecánica que los acumulados o resedimentados simultáneos con ellos. Por esta razón, en contra de lo que a menudo se supone, no cabe esperar que los fósiles resedimentados o reelaborados estén parcial o totalmente destruidos. **En muchas asociaciones, los fósiles reelaborados son los mejor conservados.**

### **Diferencias entre reelaboración y otros conceptos.**

Con este sistema de clasificación tafonómica, la distinción entre fósiles reelaborados y no-reelaborados deja de ser tautológica ya que los fósiles no-reelaborados han de ser resedimentados o acumulados. Además, con este sistema de clasificación es posible plantear y resolver de manera más precisa los problemas de las relaciones espacio-temporales entre los fósiles y los cuerpos rocosos donde se encuentran. Respecto a las relaciones espaciales, es importante destacar que ninguno de los procesos de estas tres clases implica transporte lateral sobre el sustrato, y cualquiera de ellos pudo ocurrir en el lugar de producción biogénica. Los fósiles resedimentados o los reelaborados pueden seguir siendo autóctonos si no han experimentado desplazamientos laterales después de su producción biogénica. Acumulado no es sinónimo de autóctono, ni la condición contraria a la de reelaborado es la de indígena o nativo. Por otra parte, respecto a las relaciones temporales, también cabe destacar que reelaboración no es sinónimo de herencia. Algunos restos y señales resedimentados o reelaborados fueron infiltrados en materiales más antiguos a través de poros, grietas, conductos o cavidades, en tanto que otros restos resedimentados o reelaborados fueron incorporados y enterrados en sedimentos más recientes. El estado acumulado de un fósil tampoco garantiza su contemporaneidad con el cuerpo rocoso en que se encuentra, y puede ser más reciente que este; por ejemplo, los organismos endobiontes de una misma comunidad pueden afectar con su actividad bioturbadora y dejar sus restos en materiales formados previamente durante dos o más episodios de sedimentación.

En consecuencia, las relaciones espacio-temporales entre los fósiles de una asociación o de un nivel estratigráfico son independientes del estado mecánico de conservación en que se encuentran. El carácter acumulado de los componentes de una asociación no prueba su origen espacio-temporal común ni refuta que se trate de una asociación condensada; por ejemplo, la producción biogénica de elementos en un mismo sustrato por organismos inmigrantes de otras regiones durante un amplio intervalo temporal da lugar a una asociación condensada y ecológicamente heterogénea, aunque todos sus elementos estén acumulados. Por las mismas razones, **el carácter resedimentado o reelaborado de los elementos de una asociación no garantiza su aloctonía, ni refuta su contemporaneidad.** Sin embargo, como se verá más adelante, la distinción tafonómica entre elementos acumulados, resedimentados y reelaborados permite establecer el orden temporal entre las diferentes clases

de elementos que integran las asociaciones mezcladas, y asignar a los fósiles reelaborados un antigüedad distinta a la de los cuerpos rocosos donde se encuentran.

### **Distinción entre términos tafonómicos y términos sedimentológicos o estratigráficos.**

Los conceptos de acumulación, resedimentación y reelaboración son tafonómicos y útiles en Sedimentología y Estratigrafía, pero no son sinónimos de otros términos sedimentológicos o estratigráficos. Por ejemplo, el término retrabajamiento, y su equivalente en inglés "reworking", ha sido empleado y sirve para denotar los procesos de resedimentación y reelaboración de restos o señales biogénicas, así como las modificaciones experimentadas por otras partículas sedimentarias que no son restos biogénicos.

Al disponer de términos y conceptos tafonómicos distintivos de los sedimentológicos o estratigráficos, es posible plantear y resolver de manera más precisa los problemas e interpretaciones referentes al registro fósil y al registro estratigráfico, porque estos dos registros no tienen el mismo grado de continuidad y su dinámica de formación ha sido muy diferente. Por ejemplo, afirmar que la asociación conservada de un nivel de removilización es una asociación removilizada no es algo trivial. Un nivel de removilización puede ser identificado por tener señales de retrabajamiento sedimentario, lo cual no implica que sea fosilífero o que sus fósiles estén resedimentados y/o reelaborados; de hecho, su contenido fósil puede ser una asociación conservada constituida exclusivamente por elementos acumulados.

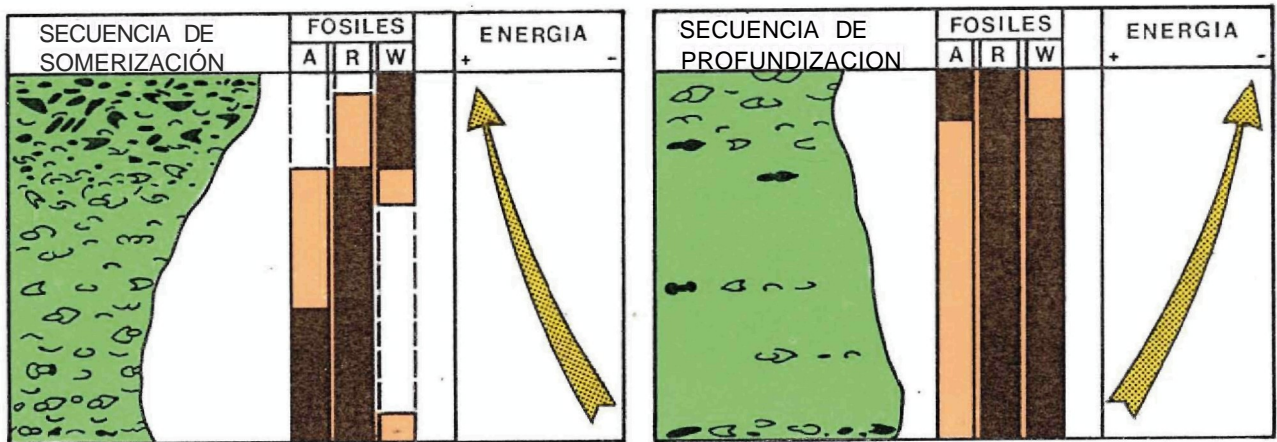
### **UTILIDAD Y LIMITACIONES DE LOS FÓSILES REELABORADOS**

Los fósiles reelaborados pueden ser tratados como propiedades de las rocas, pero no son contemporáneos con los materiales que los contienen. Estas características limitan, e incluso impiden, en muchos casos su utilización con los métodos habituales en estratigrafía y sedimentología. Sin embargo, por medio de conceptos y métodos tafonómicos, los fósiles reelaborados tienen diversas aplicaciones y son útiles para el análisis de cuencas.

### **Secuencias y discontinuidades.**

Cuando la reelaboración de los restos o señales ha estado determinada por un incremento en la energía hidrodinámica del medio de sedimentación, los elementos reelaborados pudieron adquirir nuevos caracteres secundarios que son indicativos de ambientes con regímenes de flujo más o menos turbulento. Por ello, la frecuencia relativa de elementos reelaborados respecto a los resedimentados o acumulados puede servir para poner de manifiesto en las sucesiones estratigráficas la polaridad energética del correspondiente ambiente sedimentario, el carácter secuencial de la sedimentación, y la continuidad/discontinuidad del registro estratigráfico (Fig. 2). Teniendo en cuenta criterios tafonómicos se han realizado análisis secuenciales en materiales del Jurásico

medio de varias cuencas sedimentarias (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1985b,c; FERNÁNDEZ-LÓPEZ & GÓMEZ, 1990). Los cambios en la frecuencia relativa de palinomorfos reelaborados han sido utilizados para identificar secuencias y ciclos sedimentarios, así como los correspondientes intervalos transgresivos y regresivos, en algunos materiales permo-triásicos (ESHET et al. 1988). En materiales pleistocenos de la plataforma escocesa se han encontrado abundantes foraminíferos cretácicos y terciarios reelaborados (SCOTT & MEDIOLI, 1988) y los cambios en su frecuencia relativa han sido interpretados como índice de actividad erosiva de los glaciares. STANLEY (1965, 1966) ha sugerido que los picos máximos y mínimos en la abundancia de palinomorfos reelaborados son indicativos de cambios en el nivel de base durante los episodios glaciares del Pleistoceno, aunque también pueden estar relacionados con movimientos orogénicos.



**Fig. 2.** Esquema de dos secuencias de distinta polaridad, observadas en sedimentos carbonáticos de plataforma externa del Jurásico medio de la Cordillera Ibérica, con la frecuencia relativa de elementos reelaborados (W), resedimentados (R) y acumulados (A)

La distribución vertical de los diferentes tipos de fósiles, según su estado de conservación, está indicada con un rectángulo, cuyo intervalo en negro señala la máxima frecuencia. La proporción de elementos reelaborados aumenta hacia los términos superiores en las secuencias de somerización (figura de la izquierda), en tanto que disminuye en el mismo sentido en las secuencias de profundización (figura de la derecha). La frecuencia relativa de elementos reelaborados, entre otros criterios tafonómicos, resulta particularmente útil para el análisis secuencial de materiales micríticos, que carecen de variaciones texturales y de estructuras sedimentarias diagnósticas.



### **Paleocorrientes y procedencia de sedimentos.**

Los flujos de corriente son capaces de orientar y agrupar restos biogénicos, dando lugar a patrones característicos según las condiciones ambientales (FUTTERER, 1978, 1979; SEILACHER, 1984). Sin embargo, es importante en las interpretaciones sedimentológicas considerar si los restos estaban reelaborados o no, cuando fueron sometidos a los flujos de corriente, porque la reorientación en un caso puede ser contraria al otro.

Los palinomorfos reelaborados también han proporcionado claves para averiguar la dirección del transporte por corrientes y la localización de las áreas fuente de algunos sedimentos marinos (TRAVERSE, 1988, p.428). Por ejemplo, NEEDHAM *et al.* (1969) emplearon una metodología análoga a la del estudio de la distribución de los minerales pesados contenidos en los sedimentos, y la aplicaron al análisis de la distribución de palinomorfos carboníferos reelaborados para interpretar los patrones de dispersión de sedimentos a lo largo del margen nordoccidental del Océano Atlántico.

### **Paleogeografía y cambios ambientales.**

Algunos caracteres secundarios resultantes de la alteración tafonómica que fueron adquiridos por los elementos reelaborados sirven como indicadores de las condiciones paleogeográficas en que tuvo lugar la reelaboración. La distribución de los elementos que portan estos caracteres puede ser utilizada como un índice de polaridad ambiental. Por ejemplo, las "entalladuras elipsoidales de desgaste" o los "surcos anulares de desgaste", preferentemente desarrollados en la región externa del último cuarto de vuelta de espira conservada de los moldes internos de ammonites (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1985a) son facetas de anclaje adquiridas por los moldes internos cuando estaban apoyados sobre un substrato consolidado y sometidos a flujos hidráulicos unidireccionales durante la reelaboración.

Si los fósiles que presentan dichas entalladuras o surcos tienen escasas señales de redondeamiento en los flancos, o carecen de ellas, entonces el régimen turbulento en el cual se generaron las estructuras de desgaste debió estar restringido a las proximidades del molde interno, y tales condiciones hidrodinámicas probablemente sólo se darían en ambientes subacuáticos de condiciones batimétricas muy someras (especialmente favorables para generar estos efectos fueron los ambientes intermareales). Por el contrario, cuando el régimen turbulento que actuó durante la reelaboración fue debido a corrientes de fondo en condiciones batimétricas más profundas, la abrasión de los moldes internos tendió a generar facetas de contorno menos preciso, la ornamentación de los flancos experimentó mayor grado de desgaste, y los moldes internos adquirieron mayor grado de redondez y esfericidad.

Por otra parte, las variaciones laterales y/o verticales en la distribución que presentan los moldes internos de estas categorías, desde ammonites con entalladuras elipsoidales de desgaste o surcos anulares de desgaste hasta ammonites con facetas de redondeamiento y viceversa, son respectivamente índices de some-rización y profundización.

### Unidades litoestratigráficas.

Los fósiles reelaborados sirven para establecer unidades litoestratigráficas, como ya ha sido indicado en los códigos estratigráficos internacionales (HEDBERG, 1976; N.A.C.S.N., 1983). Por ejemplo, la presencia de cuerpos rocosos caracterizados por contener nódulos o clastos fosfáticos, que son fósiles reelaborados, puede ser utilizada para establecer una unidad litoestratigráfica.

### Unidades bioestratigráficas.

Los cuerpos rocosos también pueden ser discriminados y agrupados en clases de acuerdo con su contenido fósil. En principio, las unidades bioestratigráficas pueden ser establecidas con datos (para-)taxonómicos y con independencia del estado de conservación en que se encuentran los fósiles. Sin embargo, el concepto de biozona ha sido tradicionalmente empleado para establecer clasificaciones que expresan no solo las distintas clases taxonómicamente establecidas sino también el orden de sucesión entre ellas; para lo cual es necesario que las agrupaciones se hagan teniendo en cuenta una relación asimétrica y transitiva que implique orden de sucesión entre cualquier par de cuerpos rocosos que se pretenda agrupar. La relación utilizada es la relación de superposición entre estratos, basada en sus respectivos tiempos de sedimentación y formación. A diferencia de las clasificaciones litoestratigráficas, que son clasificaciones nominales cuyas unidades comprenden cuerpos rocosos de litología equivalente, las clasificaciones bioestratigráficas tradicionales son clasificaciones ordinales cuyas unidades comprenden cuerpos rocosos caracterizados no solo por su contenido fósil, sino también por tener una posición estratigráfica superior o inferior a otras unidades del mismo sistema de clasificación. En consecuencia, estas unidades bioestratigráficas no pueden ser repetitivas en una misma columna estratigráfica, aunque sí heterócronas en las distintas localidades. **Los fósiles reelaborados no deberían ser empleados para establecer o identificar dichas unidades bioestratigráficas.** De lo contrario, las unidades establecidas serían consideradas como unidades litoestratigráficas o biofacies, que pueden ser recurrentes en una localidad, en vez de ser unidades bioestratigráficas no repetitivas.

### Cronoestratigrafía y geocronología.

Cuando lo que se pretende es discriminar, ordenar y agrupar los cuerpos rocosos de acuerdo con su edad, y establecer clasificaciones cronoestratigráficas, la relación de orden utilizada

ha de ser la de precedencia temporal, no basta la de superposición.

Los sistemas de clasificación bioestratigráfica y cronoestratigráfica están basados en el contenido fósil de los cuerpos rocosos, pero las unidades estratigráficas de estas dos categorías no pueden ser identificadas o establecidas mediante fósiles reelaborados. Los fósiles utilizados para caracterizar las biozonas o las cronozonas han de ser penecontemporáneos con los cuerpos rocosos en que se encuentran (N.A.C.S.N., 1983; HEDBERG, 1976). Por este motivo se ha llegado a decir que los fósiles reelaborados carecen de relevancia biocronológica o biocronoestratigráfica. Sin embargo, siguiendo procedimientos análogos a los de las clasificaciones estratigráficas, también es posible discriminar, ordenar y agrupar en clases los fósiles de un región o de una cuenca sedimentaria. Del mismo modo que los cuerpos rocosos de una región o de una cuenca sedimentaria suelen ser caracterizados y agrupados en clases con criterios litológicos y paleontológicos, entre otros, y teniendo en cuenta las diferentes sucesiones estratigráficas observables en distintas localidades, es posible establecer unidades paleontológicas con criterios taxonómicos, tafonómicos y cronológicos, entre otros, teniendo en cuenta las diferentes sucesiones registráticas observables en distintas localidades. Es posible establecer clasificaciones y unidades paleontológicas (taxorregistros, taforregistros y cronorregistros, por ejemplo), incluso escalas biocronológicas, basadas en el registro fósil y sin excluir los fósiles reelaborados (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1986, 1987).

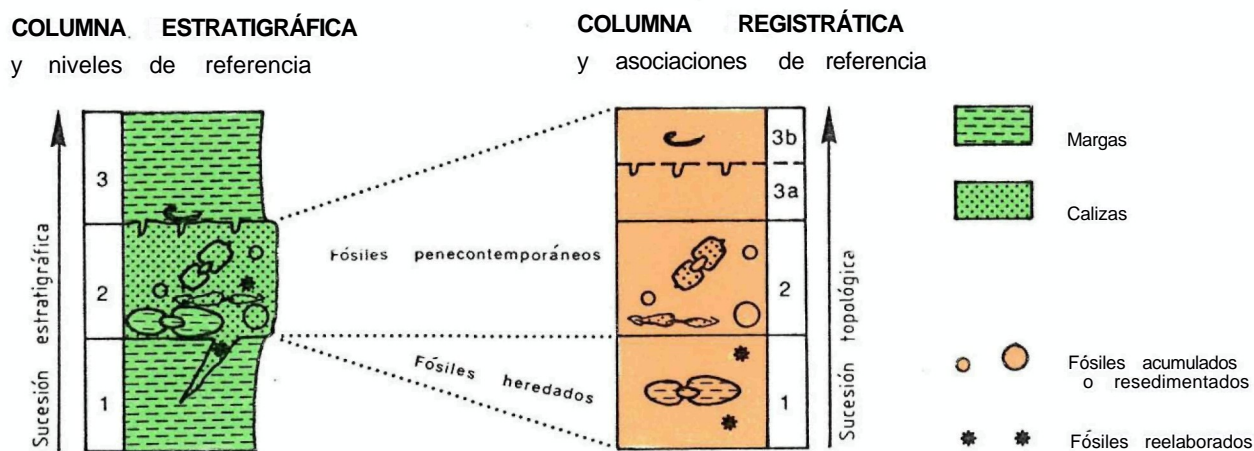
### **Datación temporal.**

El concepto de sucesión registrática es tan necesario como el de sucesión estratigráfica para interpretar el registro fósil y el registro estratigráfico. Cualquier sucesión registrática está constituida al menos por dos entidades registradas topológicamente sucesivas, cada una de las cuales esta contenida en un cuerpo rocoso distinto o común al de la(s) restante(s). La relación de sucesión topológica entre entidades registradas está basada en sus respectivos tiempos de producción biogénica y fosilización, no en la superposición de los estratos. Entre los elementos de una asociación mezclada los reelaborados son más antiguos que los resedimentados y acumulados simultáneamente con ellos; por ello, los fósiles reelaborados constituyen el término inferior de la correspondiente sucesión registrática, y los resedimentados o acumulados los términos superiores. Las entidades registradas, sean elementos conservados o asociaciones conservadas, que constituyen una sucesión registrática pueden estar contenidas en un mismo nivel estratigráfico (Fig. 3).

Por otra parte, teniendo en cuenta los diferentes pares de entidades registradas que son topológicamente sucesivas y que han sido observadas en diferentes localidades es posible establecer sucesiones registráticas de validez regional, aunque en ninguna localidad haya más de un nivel estratigráfico fosilífero. Por



ejemplo, a partir de distintas asociaciones condensadas que no se encuentran en cuerpos rocosos superpuestos de la misma localidad, es posible estimar sucesiones registráticas locales y la correspondiente sucesión registrática regional. El orden de sucesión topológica entre los fósiles de distinto grupo taxonómico que hay en una región o en una cuenca sedimentaria puede ser inferido a partir de las diferentes sucesiones registráticas locales; para ello no es necesaria la relación de superposición entre estratos, sino la relación de sucesión topológica entre fósiles. Así se obtienen taxorregistros, y clasificaciones taxorregistráticas ordinales cuyas unidades no son repetitivas en cada columna registrática, aunque pueden ser heterócronas en las diferentes localidades. Un taxorregistro es un fósil o un conjunto de fósiles que se distinguen de otros por sus caracteres taxonómicos. Los taxorregistros y las clasificaciones taxorregistráticas se establecen utilizando métodos análogos a los empleados con las biozonas y clasificaciones bioestratigráficas.



**Fig. 3.** Al igual que las columnas estratigráficas representan sucesiones estratigráficas, las columnas registráticas representan sucesiones registráticas. Teniendo en cuenta el estado mecánico de conservación de los fósiles del nivel 2 es posible identificar una sucesión registrática local, constituida por las asociaciones 1, 2, 3a y 3b. Los fósiles reelaborados de la asociación 1 son más antiguos que el episodio de sedimentación, en tanto que los fósiles acumulados o resedimentados son contemporáneos (en el caso de la asociación 2) o más recientes que dicho episodio de sedimentación (en el caso de las asociaciones 3a y 3b). Las asociaciones 2, 3a y 3b son penecontemporáneas con el intervalo temporal de formación del nivel 2. La superposición de estratos es una relación asimétrica y transitiva basada en sus respectivos tiempos de sedimentación y formación; por razones análogas, la relación de sucesión topológica entre asociaciones registradas es una relación asimétrica y transitiva basada en sus respectivos tiempos de producción biogénica y fosilización.

La utilidad de los taxorregistros para ordenar los datos paleontológicos es análoga a la que tienen las biozonas para ordenar los datos estratigráficos, aunque ninguna de dichas ordenaciones son estrictamente dataciones temporales. De acuerdo con estas ideas, los cuerpos rocosos fosilíferos pueden ser discriminados y agrupados en biozonas, del mismo modo que los fósiles pueden ser discriminados y agrupados en taxorregistros.

Para establecer sucesiones o clasificaciones tanto bioestratigráficas como taxorregistráticas es suficiente con utilizar las relaciones de sucesión estratigráfica o topológica, respectivamente entre cuerpos rocosos o entidades registradas. La idea de homotaxis (HUXLEY, 1862) es válida no solo para las unidades estratigráficas sino también para las unidades paleontológicas. Las similitudes en el orden de sucesión entre biozonas o entre taxorregistros, que son observables en diferentes localidades, no implican que los cuerpos rocosos o los fósiles de distinta unidad hayan sido generados en tiempos sucesivos, sino que son estratigráfica y topológicamente sucesivos (cf. Fig. 4 A,B).

---

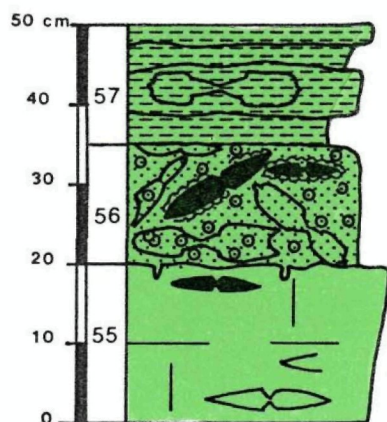
**Fig. 4.** Datos estratigráficos (4A) obtenidos en el límite Aalenense/Bajociense en Talveila (Soria). Dicho límite corresponde a una discontinuidad entre dos secuencias de somerización. El término basal de la secuencia superior (nivel 56) son calizas wackestone a packstone con oolitos ferruginosos que contienen abundantes ammonites reelaborados y resedimentados. Los fósiles característicos de la Biozona Discites están reelaborados en el nivel 56, junto a elementos resedimentados característicos de la Biozona Laeviuscula; en tanto que el nivel 55 contiene fósiles resedimentados de la Biozona Concavum. En consecuencia, no hay cuerpos rocosos de la Biozona Discites, aunque se encuentren fósiles característicos que fueron reelaborados y enterrados en materiales más recientes, que corresponden a la Biozona Laeviuscula. La asociación condensada del nivel 56 corresponde a varias asociaciones conservadas topológicamente sucesivas que constituyen una sucesión registrática (4B). La polaridad energética en el ambiente de sedimentación está reflejada por los distintos estados de conservación que presentan las asociaciones sucesivas. Cada taxorregistro comprende una o más asociaciones, y queda delimitado por los caracteres taxonómicos de los fósiles. En esta sucesión registrática se pueden establecer tres taxorregistros sucesivos, si bien los materiales de la sucesión estratigráfica solo corresponden a dos biozonas sucesivas. Al Taxorregistro Discites no le corresponde cuerpo rocoso alguno. La comparación entre unidades estratigráficas y biocronológicas respecto a las divisiones geocronológicas (4C) destaca que en esta región hay fósiles del comienzo del Bajociense, aunque no existen cuerpos rocosos de la Biozona o Cronozona Discites. Durante el tránsito Aalenense/Bajociense esta región de la plataforma marina llegó a estar emergida, en ambientes intermareales se formaron facetas elipsoidales y surcos anulares de desgaste en los moldes internos de ammonites sometidos a reelaboración, pero el registro estratigráfico y su carácter secuencial sólo representa los episodios de sedimentación submareal de la plataforma.



4A

## Datos Estratigráficos

COLUMNA ESTRATIGRAFICA  
y niveles de referencia



SECUENCIAS Y FACIES

+E	3	Facies de mudstone con bioclastos
	2	Facies de removilización con oolitos ferruginosos
-E	1	Facies de mudstone a wackestone con bioclastos

UNIDADES  
BIOESTRATIGRAFICAS

Biozona Laeviuscula
Biozona Concavum

4B

## Datos Paleontológicos

COLUMNA REGISTRATICA  
y asociaciones de referencia

57	
56	
56'	
56''	
55'	
55	

SECUENCIAS Y TAFORREGISTROS

+E	6	Ammonites	micríticos	resedimentados
	5	Ammonites	oolíticos	resedimentados
	4	Ammonites	oolíticos	reelaborados
	3	Ammonites	micríticos	reelaborados
	2	Ammonites	micríticos	reelaborados
-E	1	Ammonites	micríticos	resedimentados

UNIDADES  
TAXORREGISTRATICAS

Taxorregistro Laeviuscula
Taxorregistro Discites
Taxorregistro Concavum

4C

## Correlación Temporal

DIVISIONES GEOCRONOLOGICAS		UNIDADES BIOESTRATIGRAFICAS	UNIDADES TAXORREGISTRATICAS	AMBIENTE
BAJOCIENSE	Biocrón Laeviuscula	Biozona Laeviuscula (Niveles 56 y 57)	Taxorregistro Laeviuscula (Asociaciones 56 y 57)	Submareal de plataforma
	Biocrón Discites	LAGUNA ESTRATIGRAFICA	Taxorregistro Discites (Asociación 56')	Intermareal
AALENIEN	Biocrón Concavum	Biozona Concavum (Nivel 55)	Taxorregistro Concavum (Asociaciones 55, 55' y 56'')	Submareal de plataforma



Es para establecer clasificaciones cronorregistráticas, al igual que ocurre con las clasificaciones cronoestratigráficas, donde se requiere emplear la relación de precedencia temporal entre los fósiles y los correspondientes organismos del pasado. Una vez justificadas las clasificaciones cronorregistráticas, las escalas biocronológicas obtenidas por este procedimiento sirven para diagnosticar si un cuerpo rocoso es de igual edad o más reciente que los fósiles guía reelaborados y heredados que contiene, o bien si es de igual edad o más antiguo que los fósiles guía reelaborados e infiltrados que se encuentran en él. Las clasificaciones y las escalas biocronológicas basadas en el contenido fósil de los cuerpos rocosos, inclusive los fósiles reelaborados, son útiles para reconocer o identificar unidades cronoestratigráficas, pero su aplicabilidad cronoestratigráfica se limita a los cuerpos rocosos cuyos fósiles están acumulados o resedimentados.

**La utilidad de los taxorregistros no es solo paleontológica, también permiten datar y reconstruir episodios de la historia geológica de los cuales no ha quedado registro estratigráfico.** En particular, es posible estimar los valores de los vacíos erosionales y reconstruir los paleoambientes de sedimentación de materiales que han desaparecido por erosión. Este método ha sido aplicado para reconstruir los paleoambientes de sedimentación de la Cuenca Ibérica durante el límite Aalenense-Bajociense (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 1988) y durante el Oxfordiense inferior (AURELL, 1990), que corresponde a una laguna estratigráfica de extensión regional.

### **Correlación temporal.**

Las escalas biocronológicas sirven para datar y correlacionar temporalmente tanto las unidades estratigráficas como las unidades registráticas, pero no son el único medio paleontológico para realizar correlaciones temporales. Teniendo en cuenta los resultados observables relacionados con periodicidades y/o irreversibilidades del ambiente externo al cual han estado sometidos los fósiles, es posible llevar a cabo correlaciones temporales entre las sucesiones registráticas y/o entre las sucesiones estratigráficas de una cuenca sedimentaria, sin excluir los fósiles reelaborados. Por ejemplo, los cambios en las sucesiones registráticas relacionados con los eventos de máxima transgresión regional, al igual que las secuencias sedimentarias, posibilitan la correlación temporal entre sucesiones de distintas localidades de una misma cuenca sedimentaria, sin excluir los fósiles reelaborados. Al reconocer o correlacionar con criterios paleontológicos tanto las sucesiones como las unidades es necesario tener en cuenta las diferencias de extensión geográfica entre las unidades estratigráficas y las unidades paleontológicas. Cada biozona o cronozona solo puede ser identificada donde hay unos cuerpos rocosos particulares del registro estratigráfico, en tanto que cada taxorregistro o cronorregistro es identificable donde hay unos fósiles concretos (reelaborados o no); en consecuencia, **el valor de la extensión geográfica donde puede ser identificado**

**cada taxorregistro o cronorregistro equivalente será igual o mayor que el de la biozona.** Esta mayor amplitud geográfica de las unidades paleontológicas mencionadas respecto a las unidades estratigráficas, hace que sean de utilidad para correlacionar unidades estratigráficas y paleontológicas.


### **Biofacies y tafofacies.**

Los fósiles reelaborados, además de permitir interpretaciones biocronológicas y paleobiológicas más precisas cuando están mejor conservados, pueden ser los únicos resultados que han quedado en una región o cuenca sedimentaria de las condiciones ambientales que existieron durante un intervalo temporal concreto. Para problemas de este tipo son de particular interés los conceptos de taforregistro y clasificación taforregistrática. Un taforregistro es un conjunto de fósiles que se caracteriza y distingue de otros por sus caracteres secundarios resultantes de la alteración tafonómica. Las unidades taforregistráticas son unidades distinguidas y caracterizadas por los atributos tafonómicos de sus elementos constituyentes. Las variaciones graduales en los valores, y los cambios en los caracteres secundarios resultantes de los procesos tafonómicos, permiten reconocer secuencias y discontinuidades en las sucesiones registráticas. Para establecer unidades taforregistráticas a partir de sucesiones registráticas, se pueden aplicar conceptos de clase a las entidades registradas que están unificadas por sus propiedades tafonómicas (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1987). Las unidades taforregistráticas se establecen utilizando procedimientos análogos a los de las unidades litoestratigráficas, porque todas ellas corresponden a clasificaciones nominales que no expresan el orden de sucesión entre sus unidades; y por este motivo, pueden ser recurrentes en una misma localidad. Sin embargo, los taforregistros denotan fósiles o entidades registradas, en tanto que las unidades lito- o bioestratigráficas refieren cuerpos rocosos. Los taforregistros son particularmente útiles para realizar análisis paleoambientales cuando se trata de cuerpos rocosos que contienen fósiles reelaborados (cf. Figs. 4C y 5).

### **IMPLICACIONES PARA LA INTERPRETACIÓN DEL REGISTRO FÓSIL Y DEL REGISTRO ESTRATIGRÁFICO**

La experiencia de que los fósiles constituyen una parte de los cuerpos rocosos, y que las sucesiones estratigráficas suelen tener intervalos sin fósiles, ha llevado a suponer a muchos autores que los fósiles solo son un componente local del registro estratigráfico, o que el registro fósil debe ser considerado como una parte del registro estratigráfico; y, de manera axiomática, presuponen que puede haber registro fósil de un intervalo temporal concreto si, y solo si, hay registro estratigráfico de dicho intervalo temporal. La continuidad o discontinuidad de las sucesiones o secuencias estratigráficas ha llegado a ser utilizada como una garantía de la posible continuidad o discontinuidad de su contenido fósil. Sin embargo, la presunta continuidad del registro estratigráfico cada vez cuenta con menos defensores.

Según la concepción más aceptada entre los geólogos actuales, la sedimentación ha sido por lo general episódica y local, por lo que ha resultado un registro estratigráfico con frecuentes discontinuidades (cf. AGER, 1980; EINSELE & SEILACHER, 1982; DOTT, 1983; BAYER & SEILACHER, 1985; JABLONSKI et al. 1986; WILGUS et al. 1988). La implicación más importante de esta visión del registro estratigráfico, respecto a las relaciones con el registro fósil, no es que la frecuencia de las discontinuidades estratigráficas pueda estar asociada con la frecuencia de fósiles reelaborados, sino que **la continuidad/discontinuidad del registro fósil y la del registro estratigráfico pueden ser muy dispares entre sí y no-coincidentes**. El registro fósil y el registro estratigráfico deben ser considerados como los dos componentes que integran el registro geológico. Al margen de la frecuencia que hayan alcanzado, los procesos de reelaboración han afectado a la distribución y ordenación relativa de los fósiles y, por ello, es necesario identificar sus efectos para interpretar correctamente tanto el registro fósil como el registro estratigráfico. La presencia de fósiles reelaborados en una región o en una cuenca sedimentaria no es una limitación para las interpretaciones paleontológicas, estratigráficas y sedimentológicas, sino una situación favorable si se utilizan nuevos conceptos y métodos tafonómicos.

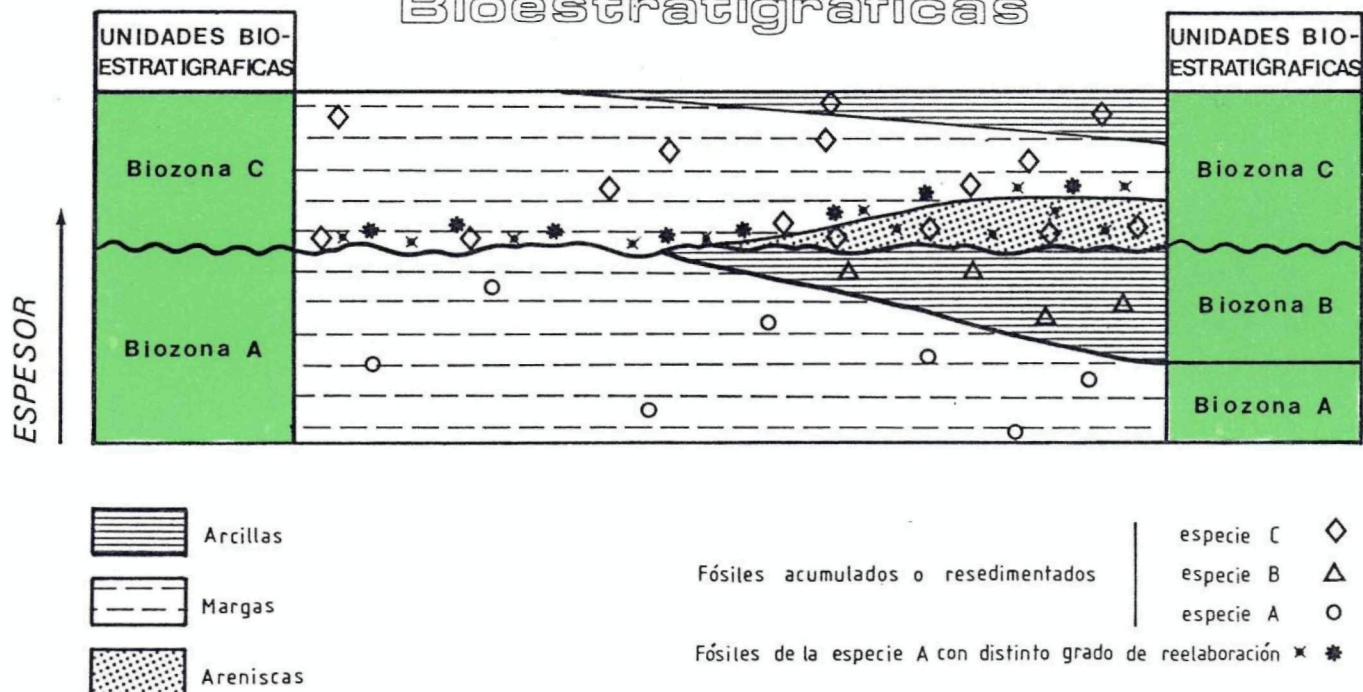


**Fig. 5.** Relación entre unidades lito- y bioestratigráficas (5A y 5B), y unidades taforregistráticas (5C). Los límites de las unidades litoestratigráficas y bioestratigráficas pueden ser o no coincidentes. Los datos paleontológicos sirven para establecer unidades bioestratigráficas y correlacionarlas (5A). Las lagunas estratigráficas pueden afectar no solo a los límites entre biozonas sino también a los materiales que constituyen las biozonas (5B). Los límites entre taforregistros pueden coincidir con los de las biozonas (límite entre taforregistros A y B). Sin embargo puede haber taforregistros sin biozona, biofacies o tafofacies equivalentes (taforregistros C'y C"). Las lagunas registráticas pueden ser de menor amplitud temporal y extensión regional que las lagunas estratigráficas, cuando hay fósiles reelaborados. Las unidades registráticas que corresponden a lagunas estratigráficas son el único registro disponible para reconstruir la historia geológica.



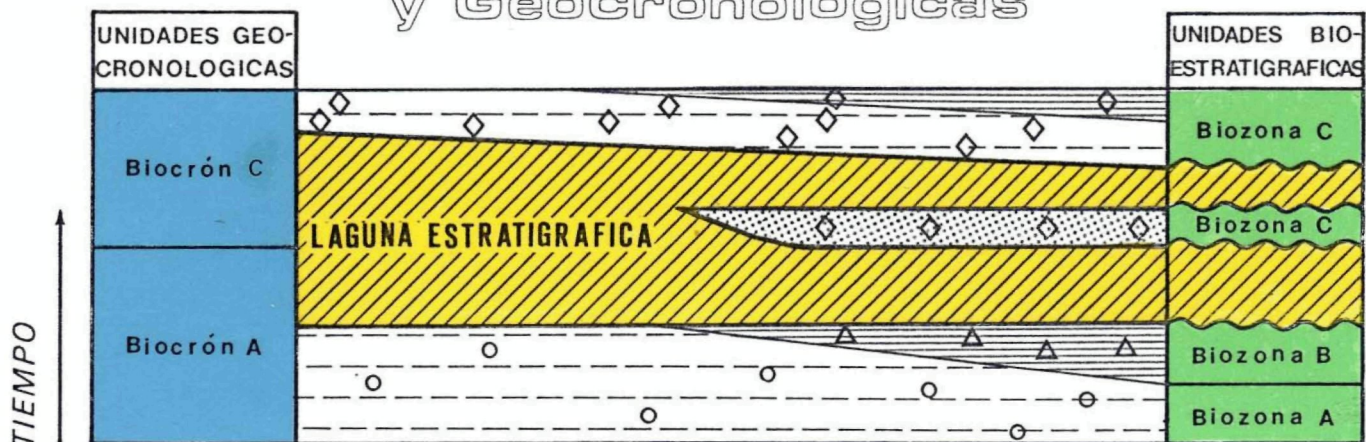
5A

## Unidades Lito- y Bioestratigráficas



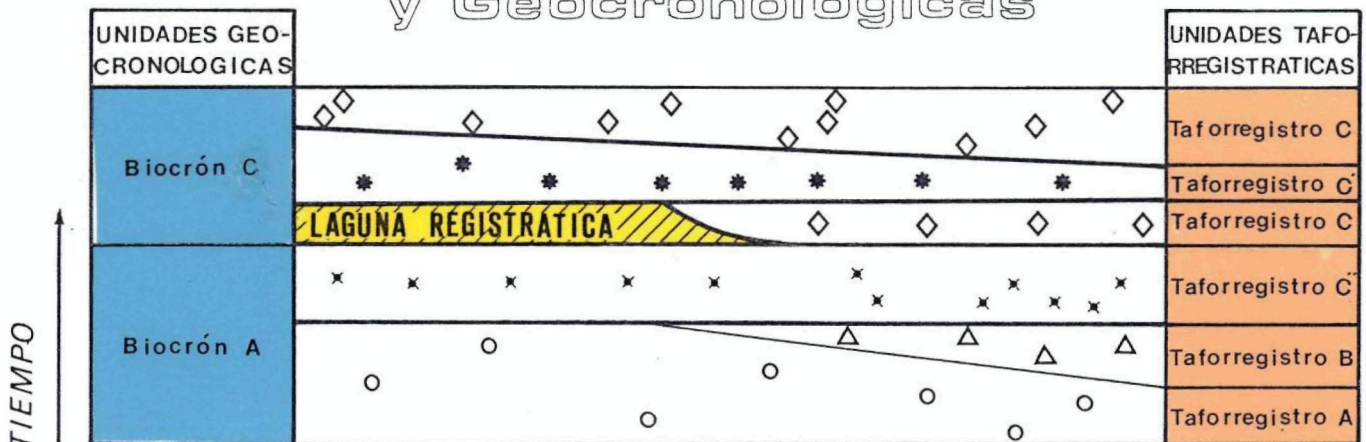
5B

## Unidades Bioestratigráficas y Geocronológicas



5C

## Unidades Taforregistráticas y Geocronológicas



BIBLIOGRAFÍA

AGER, D.V. (1980). The Nature of the Stratigraphical Record. 122 p. (John Wiley & Sons) New York.

AURELL, M. (1990). El Jurásico superior de la Cordillera Iberica central (Provincias de Zaragoza y Teruel). Analisis de cuenca. 510 p. (Dpto. Ciencias de la Tierra) Zaragoza

BAIRD, G.C. & BRETT, C.E. (1986). Erosion on an anaerobic sea-floor: significance of reworked pyrite deposits from the Devonian of New York State. Paleogeograf., Paleoclimat., Paleoecol., 57, 157-193.

BARBIN, V.; RAMSEYER, K.; DECROUEZ, D. & HERB, R. (1989). Mise en evidence par la cathodoluminescence d'indices de remaniements synsédimentaires. Geobios, 22, 253-259.

BAYER, U. & SEILACHER, A. (Eds.) (1985). Sedimentary and Evolutionary Cycles. 465 p. (Springer) Berlin.

DOTT, R.H. Jr. (1983). Episodic sedimentation: how normal is average? How rare is rare? Does it matter? Journal of Sedimentary Petrology, 53, 5-23.

EFREMOV, I.A. (1950). Taphonomie et annales géologiques. Annales du Centre et de Documentation Paleontologiques. Trav. Inst. Paleont. Acad. Sci. URSS, 24 (1950), 117p. (Trad. Ann. Centre d'etud. doc. Paleont. (1953), 196 p.

EINSELE, G. & SEILACHER, A. (1982). Cyclic and Event Stratification. 365 p. (Springer) Berlin.

ESHET, Y.; DRUCKMAN, Y.; COUSMINER, H.L. ; HABIB, D. & DRUGG, W.S. (1988). Reworked palynomorphs and their use in the determination of sedimentary cycles. Geology, 16, 662-665.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. (1984). Nuevas perspectivas de la Tafonomía evolutiva: tafosistemas y asociaciones conservadas. Estudios geol., 40, 215-224.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. (1985a). Criterios elementales de reelaboración tafonómica en ammonites de la Cordillera Ibérica. Acta Geológica Hispánica, 2, 105-116.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. (1985b). Séquences sédimentaires et sequences taphonomiques. Strata. (2), 2, 116-122.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. (1985c). El Bajociense de la Cordillera Ibérica. I.- Taxonomía y Sistemática (Ammonoidea). II.- Bioestratigrafía. III.- Atlas. 850 p., Dpto. Paleontología. Univ. Complutense. Madrid.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. (1986). Sucesiones paleobiológicas y sucesio-

nes registráticas (nuevos conceptos paleontológicos). Revista Española de Paleontología, 1, 29-45.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. (1987). Unidades registráticas, Biocronología y Geocronología. Revista Española de Paleontología, 2, 65-85.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. (1990). Taphonomic concepts for a theoretical biochronology. Revista Española de Paleontología, (in litt.)

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S.; GÓMEZ, J.J. & URETA, M.S. (1988). Características de la plataforma carbonatada del Dogger en el sector meridional de la Sierra de la Demanda (Soria). Ciencias de la Tierra, 11, 167-195.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. & GÓMEZ, J.J. (1990). Evolution tectono-sédimentaire et genèse des associations d'Ammonites dans le secteur central du Bassin Ibérique (Espagne) pendant l'Aalénien. Cahiers Univ. Catho. Lyon, sér. Sci., 4, 39-52.

FUTTERER, E. (1978). Untersuchungen über die Sink- und Transportgeschwindigkeit biogener Hartteile. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 155, 3, 318-359.

FUTTERER, E. (1978). Studien über die Einregelung, Anlagerung und Einbettung biogener Hartteile im Stromungskanal. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 156, 1, 87-131.

HEDBERG, H.D. (1976). International Stratigraphic Guide. 200 p. (John Wiley & Sons) New York.

HENDERSON, R.A. & McNAMARA, K.J. (1985). Taphonomy and ichnology of cephalopod shells in a Maastrichtian chalk from Western Australia. Lethaia, 18, 305-322.

HUXLEY, T.H. (1862). The anniversary address. Homotaxis or similarity of arrangement, and Synchrony or identity of date. Quart. Journ. Geol. Soc. 18, XL-LVI.

JABLONSKI, D. ; GOULD, S.J. & RAUP, D.M. (1986). The Nature of the Fossil Record: A Biological Perspective. In: Patterns and Processes in the History of Life (D.M. RAUP & JABLONSKI eds.), 7-22, (Springer) Berlin.

KRAJEWSKY, K.P. (1984). Early diagenetic phosphate cements in the Albian condensed glauconitic limestones of the Tatra Mountains, Western Carpathians. Sedimentology, 31, 443-470.

NEEDHAM, H.D.; HABIB, D. & HEEZEN, B.C. (1969). Upper Carboniferous palynomorphs as a tracer of red sediment dispersal patterns in the northwest Atlantic. Journal of Geology, 77, 113-120.

NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE (1983). North American Stratigraphic Code. Bulletin of American Association of Petroleum Geologists. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.,



67, 841-875.

ORBIGNY, A. d' (1849-1852). Cours élémentaire de Pale ontologie et de Geologie stratigraphiques. 1-299+1-847. (Victor Masson) Paris.

SCOTT, D.B. & MEDIOLI, F.S. (1988). Tertiary-Cretaceous reworked microfossils in Pleistocene glacial-marine sediments; An index to glacial activity. Marine Geology, 84, 31-41.

SEILACHER, A. (1971). Preservational history of ceratite shells. Paleontology, 14, 16-21.

SEILACHER, A. (1984a). Storm beds: Their significance in event stratigraphy. A.A.P.G. Studies in Geology, 16, 49-54.

SEILACHER, A. (1984b). Sedimentary structures tentatively attributed to seismic events. Marine Geology, 55, 1-12.

STANLEY, E.A. (1965). The use of reworked pollen and spores for determining the Pleistocene-Recent and the intra-Pleistocene boundaries. Nature, 206, 289-291.

STANLEY, E.A. (1966). The problem of reworked pollen and spores in marine sediments. Marine Geology, 4, 397-408.

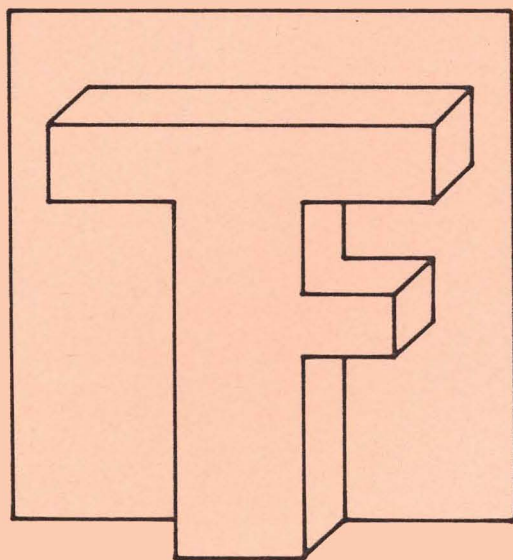
TRAVERSE, A. (1988). Paleopalynology. 600 p. (Unwin Hyman) Boston.

WILGUS, C.K.; HASTINGS, B.S.; KENDALL, C.G.St.C.; POSAMENTIER, H.W.; ROSS, Ch.A. & VAN WAGONER, J.C. (Eds.), (1988). Sea-Level Changes: An Integrated Approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ., 2, 1-407.

*\* Departamento de Paleontología  
Facultad de Ciencias Geológicas*

*\* Instituto de Geología Económica  
\* Museo Nacional de Ciencias Naturales*

Universidad Complutense de Madrid - Consejo Superior de Investigaciones Científicas



**COMUNICACIONES DE LA  
REUNION DE TAFONOMIA  
Y FOSILIZACION**

Madrid, 20-22 de Septiembre de 1990